

Диагностика и прогнозирование ресурса взлетно-посадочных устройств с использованием искусственных нейронных сетей

О.С. ДОЛГОВ,
д-р техн. наук,
Б.Б. САФОКЛОВ,
А.А. СМАГИН,
аспирант
(МАИ, Москва)
safoklovbb@mai.ru

Обосновывается применение искусственной нейронной сети в диагностике взлетно-посадочных устройств воздушного судна в рамках стратегии интеграции мониторинга состояния взлетно-посадочных устройств воздушных судов в техническое обслуживание и ремонт. Разработан алгоритм технического обслуживания и ремонта взлетно-посадочных устройств воздушного судна с применением искусственной нейронной сети как инструмента предиктивного технического обслуживания. Предложена функциональная модель предиктивного технического обслуживания и ремонта взлетно-посадочных устройств воздушного судна.

Воздушное судно, взлетно-посадочные устройства, искусственная нейронная сеть, функциональная модель

Diagnostics and Forecasting of the Resource of Take-off And Landing Devices Using Artificial Neural Networks

O.S. DOLGOV, B.B. SAFOKLOV, AND A.A. SMAGIN

Moscow Aviation Institute, Moscow

The use of an artificial neural network in the diagnostics of aircraft takeoff and landing devices is substantiated as part of the strategy for integrating the monitoring of the state of aircraft takeoff and landing devices into maintenance and repair. An algorithm for the maintenance and repair of aircraft take-off and landing devices has been developed using an artificial neural network as a tool for predictive maintenance. A functional model of predictive maintenance and repair of aircraft take-off and landing devices is proposed.

Aircraft, take-off and landing devices, artificial neural network, functional model

С.А. САВЕЛЬЕВ,
И.В. АРБУЗОВ,
канд. техн. наук,
Д.Ю. СТРЕЛЕЦ,
канд. техн. наук,
(МАИ, Москва)
savvasavelyev@gmail.com

Исследование влияния механического воздействия ударника на функциональное состояние Li-ion аккумуляторных батарей электрического самолета

Рассматриваются характеристики и устройство литий-ионных аккумуляторных батарей, а также методика, критерии и результаты исследований при внешних механических воздействиях на них.

Электрический самолет, литий-ионный аккумулятор, безопасность полета

Research of the Impactor Mechanical Impact Effect on the Electric Aircraft Li-Ion Batteries Functional State

S.A. SAVELYEV, I.V. ARBUZOV, AND D.YU. STRELETS

Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow

The article discusses the characteristics and design of Li-ion batteries, as well as the methodology, criteria and results of research under external mechanical impact on them.

Electric aircraft, lithium-ion battery, flight safety

Экспертные системы – средство информационной поддержки принятия решения экипажем самолета

Рассмотрено место бортовых экспертных систем в общей системе средств информационной поддержки принятия решения экипажем самолета. Показаны особенности бортовых экспертных систем в сравнении с традиционными экспертными системами. Представлен перечень существующих систем, их назначение и основные характеристики. Предложена методика выбора средств информационной поддержки, основанная на экспертном опросе летного состава и последующем ранжировании предложенных подсказок по их возможной технической реализации.

Н.Н. СУХИХ,
д-р техн. наук,
В.Л. РУКАВИШНИКОВ
(СПбГУ ГА, Санкт-Петербург)
valentin_lr@mail.ru

Экспертные системы, средство информационной поддержки принятия решения, искусственный интеллект, пилот, экипаж самолета

Expert Systems: Means of Information Support for Aircraft's Crew Decision Making

N.N. SUKHIKH AND V.L. RUKAVISHNIKOV

Saint-Petersburg State University of Civil Aviation, Saint-Petersburg

A place of flight expert systems in a general system of means of information support for decision making by an aircraft's crew has been reviewed. The specifics of flight expert systems compared to "conventional" expert systems have been shown. A list of existing systems, their intended use and basic characteristics have been presented. A methodology for choosing means of information support based on expert survey of flight personnel and subsequent ranking of suggested "clues" for their possible implementation has been suggested.

Expert systems, means for information support of decision making, artificial intelligence, pilot, aircraft crew

Исследование концентрации напряжений в локально нагруженных оболочках

Ю.И. ВИНОГРАДОВ,
д-р физ.-мат. наук
(МГТУ им. Н.Э. Баумана,
Москва)
yuvino@rambler.ru

Предлагается эффективный алгоритм исследования концентрации напряжений в локально нагруженных оболочках с контролируемой погрешностью на основе общей технической моментной теории В.З. Власова для класса задач, ограниченного возможностью метода Фурье разделения переменных. Алгоритм реализован исследованием концентрации напряжений в локально нагруженной сферической оболочке, используемой в космических буксирах.

Математические модели, методы решения дифференциальных уравнений, алгоритм решения краевых задач

Research of Stress Concentration in Locally Loaded Shells

YU.I. VINOGRADOV

Bauman Moscow State Technical University (National Research University), Moscow

An efficient algorithm for studying the stress concentration in locally loaded shells with a controlled error is proposed based on the general technical moment theory of V.Z. Vlasov for a class of problems limited by the possibility of the Fourier method of separation of variables. The algorithm is implemented by studying the stress concentration in a locally loaded spherical shell used in space tugs.

Mathematical models, methods for solving differential equations, an algorithm for solving boundary value problems

Разработка методики расчета напряженно-деформированного состояния, оптимизации и экспериментального исследования гибридной конструкции композит-металлической лопасти тягового винта

Л.П. ШАБАЛИН,

канд. техн. наук,

Д.В. САВИНОВ,

Е.А. ПУЗЫРЕЦКИЙ
(КНИТУ-КАИ, Казань),

И.В. МАРЕСКИН,

канд. техн. наук,

(ЦАГИ им. проф. Н.Е.
Жуковского, Жуковский)

pla.kai@mail.ru

Разработана методика, позволяющая определить напряженно-деформированное состояние гибридной конструкции композит-металлической лопасти тягового винта, оптимизировать ее жесткостные характеристики и экспериментально исследовать их. Представлены результаты расчетных и экспериментальных исследований, определены значения напряжений и полных перемещений всех элементов гибридной лопасти.

Лопасть тягового винта, гибридная конструкция, композитный материал, напряженно-деформированное состояние, конечный элемент

Calculation Methodology of the Stress-Strain State, Optimization and Experimental Study of a Hybrid Composite-Metal Propeller Blade

L.P. SHABALIN¹, D.V. SAVINOV¹, E.A. PUZYRETSKIY¹, AND I.V. MARESKIN²

¹Kazan National Research Technical University named after A.N.Tupolev

²Central Aerohydrodynamic Institute named after N.E. Zhukovsky (TsAGI)

This paper presents a method for stress-strain state analysis, optimization and experimental study of the stiffness of a hybrid composite-metal propeller blade. It demonstrates the results of numerical and experimental study, presents the stresses and total displacements of all hybrid blade elements.

Propeller blade, hybrid structure, composite, stress-strain state, finite element

Синтез системы самонаведения противокорабельной ракеты при обеспечении допустимого показателя колебательности системы стабилизации

ДО КУАНГ ТХОНГ,
канд. техн. наук,
(Технический университет
имени Ле Куи Дон, Ханой,
Вьетнам)
doquangthong@yahoo.com

Приведены сравнительные оценки системы самонаведения ракет с применением метода пропорционального сближения и системы самонаведения ракет с применением метода прямого наведения с упреждением при стрельбе малоскоростных целей, на основе чего выбирается метод прямого наведения с упреждением для построения системы самонаведения противокорабельных ракет. Изложена методика синтеза системы самонаведения противокорабельных ракет в среде MATLAB при обеспечении ее минимальной ошибки наведения и обеспечении допустимого показателя колебательности системы стабилизации угла.

Синтез системы, ракета, система самонаведения ракет; метод прямого наведения с упреждением

Synthesis of the Anti-Ship Missile Homing System while Ensuring an Acceptable Oscillation Index of the Stabilization System

DO QUANG THONG

Le Quy Don Technical University, Hanoi, Viet Nam

Comparative estimates of the missile homing system using the proportional approach method and the missile homing system using the direct guidance method with anticipation while firing of low-speed targets are given, on the basis of which the direct guidance method with anticipation is chosen to build an anti-ship missile homing system. The method of synthesis of the anti-ship missile homing system in the MATLAB environment is described, while ensuring its minimum guidance error and ensuring an acceptable oscillation index of the angle stabilization system.

System synthesis, missile, missile homing system, direct guidance method with anticipation

М.А. КИСЕЛЕВ,
д-р техн. наук
(МГУТУ ГА, Москва),
С.В. ЛЕВИЦКИЙ,
д-р техн. наук,
Д.В. МОРОШКИН,
В.А. ПОДОБЕДОВ,
д-р техн. наук
(НПК «Иркут», Москва)
m.kiselev@mstuca.aero

Предотвращение сваливания самолета по углу скольжения

Рассматривается физическая природа сваливания самолета по углу скольжения. На основе представленных в статье результатов моделирования и летного эксперимента обосновываются и описываются меры по предотвращению сваливания самолета по углу скольжения.

Сваливание, перекрестная связь движений рысканья и тангажа, безопасность полета

Preventing Aircraft from Stalling Along a Sideslip Angle

M.A. KISELEV¹, S.V. LEVITSKY², D.V. MOROSHKIN², AND V.A. PODOBEDOV²

¹ Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow

² Public JSC Scientific and Production Corporation "Irkut", Moscow

In this article, the physical nature of a stall of an aircraft along the "sideslip angle" will be discussed. Measures to prevent a stall of an aircraft along the sideslip angle will be described and justified, based on the results of the modeling and flight experiments as presented in this article.

Stall, cross-coupling between-pitch, yaw movements, flight safety

Методы согласования и адаптации систем автоматического управления газотурбинными двигателями с селекторами каналов

Рассмотрена задача управления многомерным объектом с одним управляющим воздействием и с селектором каналов. Показано, что эффективным средством построения таких логико-динамических систем является применение алгоритмов адаптации. Проведен анализ методов согласования и адаптации каналов управления расходом топлива газотурбинных двигателей. Приведены результаты моделирования.

В.И. ПЕТУНИН,
д-р техн. наук
(УГАТУ, Уфа)
petunin_vi@mail.ru

Газотурбинный двигатель, система автоматического управления, селектор каналов, адаптация, изменение структуры, качество переходных процессов

Methods of Coordination and Adaptation Automatic Control Systems for Gas Turbine Engines with Channel Selectors

V.I. PETUNIN

Ufa State Technical University, Ufa

The problem of control of a multidimensional object with one control action and with a channel selector is considered. It is shown that an effective means of constructing such logical-dynamic systems is the use of adaptation algorithms. The analysis of methods of coordination and adaptation of channels for controlling the fuel consumption of gas turbine engines is carried out. The simulation results are presented.

Gas turbine engine, automatic control system, channel selector, adaptation, structure change, quality of transient processes

К.Н. ВОЛКОВ,

д-р физ.-мат. наук

(Кингстонский

университет, Лондон,

Великобритания; БГТУ

«ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф.

Устинова, Санкт-Петербург),

В.Н. ЕМЕЛЬЯНОВ,

д-р техн. наук,

М.С. ЯКОВЧУК,

канд. техн. наук

(БГТУ «ВОЕНМЕХ»

им. Д.Ф. Устинова, Санкт-

Петербург),

Н.С. ХАРЬКОВ

(АО «ПИИНИИ ВТ

”Ленаэропроект“, Санкт-

Петербург)

dsci@mail.ru

Моделирование аэродинамических нагрузок на конструктивные элементы посадочной площадки при взлете и посадке вертолета

Для определения аэродинамических нагрузок на элементы конструкции сборной мобильно разворачиваемой посадочной площадки проводится численное моделирование турбулентного течения вязкого сжимаемого газа, индуцированного вращением несущего винта вертолета. На основе численных расчетов определяется поле течения около вертолета, и обсуждается распределение давления вдоль элементов посадочной площадки.

Аэродинамика, вертолет, несущий винт, численное моделирование, турбулентность

Simulation of Aerodynamic Loads on Structural Elements of Landing Platform Whilst Helicopter Takeoff and Landing

K.N. VOLKOV¹, V.N.EMELIANOV², M.S. YAKOVCHUK², AND N.S. HARKOV³

¹Kingston University, London, United Kingdom

²Baltic State Technical University “Voenmeh”, St. Petersburg ³JSC ”Lenaeroproject“, Saint Petersburg

³JSC” Lenaeroproject“, Saint Petersburg

To determine the aerodynamic loads on the structural elements of the mobile-deployable landing platform, numerical modeling of the turbulent flow of a viscous compressible gas induced by the rotation of the helicopter rotor is carried out. The flowfield around the helicopter is determined on the basis of numerical calculations, and the pressure distribution on the structural elements of the landing platform is discussed.

Aerodynamics, helicopter, rotor, numerical simulation, turbulence

Исследование аэродинамически короткой кольцевой сопловой решетки с внедренными силовыми профилями

В.В. ВЯТКОВ,
канд. техн. наук,
А.М. ТОЩАКОВ,
канд. техн. наук,
И.А. РЕМИЗОВ,
аспирант
(РГАТУ им. П.А. Соловьева,
Рыбинск)
vvvad76@mail.ru

Анализируются особенности характеристик аэродинамически короткой сопловой решетки совмещенного стоечного узла. Показаны различия в структуре потока в различных межлопаточных каналах, образующихся при внедрении толстого силового профиля. Предложено конструктивное мероприятие, снижающее неравномерность потока от вторичных течений по межлопаточным каналам

Газотурбинный двигатель, турбина, сопловой аппарат, совмещенный стоечный узел, вторичные течения

Research of an Aerodynamically Short Nozzle Ring with Embedded Power Airfoils

V.V. VYATKOV, A.M. TOSHCHAKOV, AND I.A. REMIZOV

Rybinsk State Aviation Technical University, Rybinsk

The article analyzes the features of the characteristics of an aerodynamically short nozzle array of a combined turbine rear frame. Differences are presented in the flow structure in various interblade channels formed during the introduction of a thick force profile. A constructive solution is proposed that reduces the non-uniformity of the flow from secondary flows through different interblade channels.

Gas turbine engine, turbine, nozzle blade, combined rear frame, secondary flows

Расчет нагрузок за тройной конфигурацией частично локализованных ударных волн на элементы конструкции воздушного судна

А.С. КАПРАЛОВА

(БГТУ

«ВОЕНМЕХ»

им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург)

kapralovaa@yahoo.com

Построена инженерная математическая модель для расчета и анализа тройных конфигураций подвижных ударных волн, возникающих при приповерхностном взрыве. Разработанная модель используется для расчета и сопоставления параметров взрывных волн и спутных потоков за ними, характеризующих основные поражающие факторы взрыва, частично локализованного специальным устройством, на борту воздушного судна.

Тройная конфигурация, приповерхностный взрыв, ударная волна

Calculation of the Loads behind the triple Configuration of Partially Localized Shock Waves on the Structural Elements of the Aircraft

A.S. KAPRALOVA

Baltic State Technical University “Voenmeh”, Saint Petersburg

This paper proposes an engineering mathematical model for calculating and analyzing triple configurations of propagating shock waves after a near-surface explosion. The developed model calculates and compares the parameters of blast waves and co-current flows behind them, characterizing the main damaging factors of an explosion which is partially localized by a special device on board an aircraft.

Triple configuration, near-surface blast, shock wave

Тройные конфигурации скачков уплотнения и бегущих ударных волн

М.В. ЧЕРНЫШОВ,
д-р техн. наук,
(БГТУ «ВОЕНМЕХ»
им. Д.Ф. Устинова),
Л.Г. ГВОЗДЕВА,
д-р физ.-мат. наук
(ОИВТ РАН, Москва)
mvcher@mail.ru

Представлен обзор современных исследований тройных конфигураций скачков уплотнения и бегущих ударных волн в сверхзвуковых установившихся или нестационарных газовых течениях. Определены перспективные направления дальнейших исследований тройных конфигураций, а также некоторые возможные технологические приложения.

Скачок уплотнения, ударная волна, взрывная волна, тройная конфигурация, маховское отражение

Triple Configurations of Steady and Propagating Shocks

M.V. CHERNYSHOV¹ AND L.G. GVOZDEVA²

¹ Baltic State Technical University “Voenmeh”, Saint Petersburg

² Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences, Moscow

This paper is the review of modern studies of triple configurations of stationary and propagating shocks on supersonic steady and unsteady gas flows. Prospective directions of the further studied of the triple-shock configurations are defined, as well as some their possible engineering applications.

Steady shock, moving shock wave, blast wave, triple-shock configuration, Mach reflection

Развитие методов проектирования турбин и компрессоров в составе газотурбинных двигателей

И.А. КРИВОШЕЕВ,
д-р техн. наук,
К.Е. РОЖКОВ,
канд. техн. наук,
Н.Б. СИМОНОВ
(УГАТУ, Уфа)
krivosh777@mail.ru

Приводятся результаты уточнения известных и разработки новых методов выбора и оптимизации основных параметров турбокомпрессоров при проектировании газотурбинных двигателей. Разработаны способы определения оптимального числа ступеней, размещения точек для ступеней на диаграммах Смита, изменения работы по высоте проточной части и геометрии элементов турбин и компрессоров.

Компрессор, турбина, основные параметры, коэффициент восстановления полного давления, диаграммы Смита, коэффициент полезного действия, запас газодинамической устойчивости

Development of Methods for Designing Turbines and Compressors as Part of Gas Turbine Engines

I.A. KRIVOSHEEV, K.E. ROZHKOVA, AND N.B. SIMONOV

Ufa State Aviation Technical University, Ufa

The results of refining the known and developing new methods for selecting and optimizing the main parameters of turbochargers in the design of gas turbine engines are presented. Methods have been developed for determining the optimal number of stages, placing points for stages on Smith diagrams, changing the work along the height of the flow path and the geometry of turbine and compressor elements.

Compressor, turbine, main parameters, total pressure recovery ratio, Smith charts, efficiency, gas dynamic stability margin

А.Б. АГУЛЬНИК,
д-р техн. наук
(МАИ, Москва),
С.М. КАЛЕНСКИЙ,
канд. техн. наук,
(ЦИАМ им. П.И. Баранова),
Москва),
И.В. КРАВЧЕНКО,
канд. техн. наук
(МАИ, Москва),
Ю.А. ЭЗРОХИ,
канд. техн. наук
(ЦИАМ им. П.И. Баранова),
Москва; МАИ, Москва)
irina_kravch@mail.ru

Оценка диапазона возможных параметров гибридного газотурбинного двигателя с твердооксидными топливными элементами для среднемагистрального самолета

Рассматриваются гибридные газотурбинные двигатели для пассажирских среднемагистральных самолетов. Представлены данные параметрического анализа двух схем, использующих различные топлива. Оценочно определены области рациональных проектных параметров таких двигателей. Рассмотрены вопросы согласования работы газодинамической и электрохимической составляющих этих двигателей.

Гибридный газотурбинный двигатель, термодинамические параметры, твердооксидные топливные элементы, электрорхимический генератор

Estimation of a Range of Possible Parameters of a Hybrid Turbine Engine with Solid Oxide Fuel Cells for Airliner

A.B. AGULNIK¹, S.M. KALENSKI², I.V. KRAVCHENKO¹, AND YU.A. EZROKHI²

¹Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow

²Central Institute of Aviation Motors, Moscow

³Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow

The hybrid gas-turbine engines for airliner are considered. The parametrical analysis data of two schemes using various fuel are presented. The areas of rational design parameters of such engines are defined. Questions of the gas-dynamic and electrochemical components work coordination for these engines are considered.

Hybrid gas-turbine engine, thermal-dynamic parameters, solid oxide fuel cell, electrochemical generator

Влияние полетной перегрузки на внутрикамерный процесс в ракетном двигателе на твердом топливе

Исследуется динамика внутрикамерных процессов маршевого ракетного двигателя на твердом топливе второй ступени крылатой ракеты с учетом распределенных пространственно-трехмерных и изменяющихся во времени полетных перегрузок методом постановки вычислительного эксперимента. Результаты численных расчетов приводятся без учета и с учетом действия полетных перегрузок. Установлено, что воздействие значительных по величине полетных перегрузок влияет на внутрикамерный процесс в ракетном двигателе на твердом топливе.

М.Ю. ЕГОРОВ,
д-р физ.-мат. наук
(ПНИПУ, Пермь)
egorov-m-j@yandex.ru

Ракетный двигатель твердого топлива, численное исследование, горение твердого топлива, газовая динамика, полетные перегрузки, результаты расчетов

The Effect of Flight Overload on the In-Chamber Process in a Solid-Fuel Rocket Engine

M. Y. EGOROV

Perm National Research Polytechnic University, Perm

The dynamics of the in-chamber processes of a solid-propellant rocket engine of the second stage of a cruise missile is investigated, taking into account the distributed space-three-dimensional and time-varying flight overloads by setting up a computational experiment. The results of numerical calculations are given without taking into account and taking into account the effect of flight overloads. It has been established that the impact of significant in-flight overloads affects the in-chamber process in a solid-fuel rocket engine.

Solid fuel rocket engine, numerical study, solid fuel gorenje, gas dynamics, flight overloads, calculation results

Интенсификация охлаждения стенки однополостными диффузорными выемками на турбулентном режиме течения

А.В. ИЛЬИНКОВ,

канд. техн. наук,

А.В. ШУКИН,

д-р техн. наук,

В.В. ТАКМОВЦЕВ,

канд. техн. наук

И.Ш. ЗАРИПОВ,

(КНИТУ-КАИ, Казань),

И.И. ХАБИБУЛЛИН

канд. техн. наук

(Казанский АО

НИИТурбокомпрессор им.

В.Б. Шенна, Казань)

a.v.shchukin@rambler.ru

Получены опытные данные о средней теплоотдаче и сопротивлении в канале прямоугольного сечения с матрицами однополостных диффузорных выемок (ОДВ) на стенке канала. Моделирование обтекания матриц ОДВ выполнено для углов их установки $\beta = 30, 45$ и 60° , при относительной высоте канала $H/d = 1$. Выполненная ранее визуализация обтекания ОДВ показала, что именно эти значения углов установки ОДВ формируют наиболее мощные самоорганизующиеся крупномасштабные вихревые структуры с непрерывным тепломассообменом между поверхностью выемки и внешним потоком. Результаты теплообменных экспериментов показали, что при относительной плотности расположения выемок $f = 0,27$ значение $Nu/Nu_{zл} = 1,6$. Наиболее высокая теплоотдача в матрице этих выемок получена при $\beta = 30^\circ$. В этом случае энергетическая эффективность $(Nu/Nu_{zл})/(\xi/\xi_{zл}) \approx 1,2$.

Интенсификатор теплообмена, однополостная диффузорная выемка, гидравлическое сопротивление, средняя теплоотдача, энергетическая эффективность

Enhancement of Wall Cooling by Single-Cavity Diffuser-Type Dimples in Turbulent Flow

A.V. ILYINKOV¹, A.V. SHCHUKIN¹, V.V. TAKMOVTSEV¹, I.SH. ZARIPOV¹, AND I.I. KHABIBULLIN²

¹Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

²NIIturbokompressor, Kazan

Average heat transfer and flow resistance were estimated experimentally in a rectangular channel with arrays of single-cavity diffuser-type dimples (SDD) on the channel wall. Simulation of flow past SDD arrays was carried out for the inclination angles of dimples $\beta = 30, 45$ and 60° and for the normalized channel height $H/d = 1$. According to earlier visualization of flow past SDD, these inclination angles yield the strongest self-organizing large-scale vortices featuring continuous heat and mass transfer between the dimple surface and free flow. Heat transfer experiments demonstrated that $Nu/Nu_{smooth} = 1.6$ at the normalized packing density of dimples $f = 0.27$. The highest level of heat transfer in the dimple array was obtained at $\beta = 30^\circ$. In this case, the energy efficiency $(Nu/Nu_{smooth})/(\xi/\xi_{smooth}) \approx 1.2$.

Heat transfer promoter, single-cavity diffuser-type dimple, flow resistance, average heat transfer, energy efficiency

Влияние вибраций на точность измерений с помощью лазерных координатно-измерительных систем в производственных условиях

П.Л. ЛЮДОГОВСКИЙ,

канд. техн. наук

(КНИТУ-КАИ, Казань),

В.Л. ФЕДЯЕВ,

д-р техн. наук

(ИММ ФИЦ КазНЦ РАН,

Казань),

М.А. КОМКОВА,

аспирант

(КНИТУ-КАИ, Казань)

l2962281@mail.ru

Представлены результаты экспериментальных исследований влияния колебательных процессов на точность измерений объектов лазерными координатно-измерительными системами на базе лазерных трекеров в различных производственных условиях. Предложена методика оценки точности измерений, учитывающая колебания технических систем для различных условий производства. Даны рекомендации для учета погрешностей измерений объектов лазерными координатно-измерительными системами для агрегатно-сборочного, механического производства и лабораторных помещений.

Измерение, погрешность измерений, условия производства, лазерный трекер

Influence of Vibrations on the Accuracy of Measurements Using Laser Coordinate Measuring Systems in Production Conditions

P.L. LYUDOGOVSKIY¹, V.L. FEDYAEV², AND M.A. KOMKOVA¹

¹Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

²Institute of Mechanics and Engineering of FIC KazanSC of RAS, Kazan

The results of experimental studies of the influence of oscillatory processes on the accuracy of measurements of objects by laser coordinate measuring systems based on laser trackers under various production conditions are presented. A technique for assessing the accuracy of measurements is proposed, taking into account the fluctuations of technical systems for various production conditions. Recommendations are given for taking into account measurement errors of objects by laser coordinate measuring systems for aggregate-assembly, mechanical production and laboratory facilities.

Measurement; measurement error; production conditions; laser tracker

Сравнительное моделирование гибридной интеллектуальной системы управления авиационным производством

Решаются производственные задачи с использованием генераторов случайных чисел. Имитируется два источника данных задач – технологический процесс и производственный персонал. Структурное решение гибридной системы сравнивается с параллельной работой двух экспертных систем, а также с работой одной универсальной экспертной системы.

А.М. ПИЩУХИН,
д-р техн. наук
Г.Ф. АХМЕДЬЯНОВА,
канд. пед. наук
(ОГУ, Оренбург)
ahmedyanova@bk.ru

Моделирование, гибридная интеллектуализация, экспертная система, метод прецедентов, интеллектуальный поиск, извлечение семантики запроса, общие затраты времени

Comparative Modeling of Hybrid Intelligent Control System for Aviation Production

A.M. PISHCHUKHIN AND G.F. AKHMEDYANOVA

Orenburg State University, Orenburg

Production tasks are solved using random number generators. Two sources of these tasks are simulated - the technological process and production personnel. The structural solution of the hybrid system is compared with the parallel operation of two expert systems, as well as with the operation of one universal expert system.

Modeling, hybrid intelligence, expert system, precedent method, smart search, query semantics extraction, total time

Анализ возможности обнаружения проводов высоковольтных воздушных линий электропередачи с целью обеспечения безопасности полетов летательных аппаратов

Б.К. СИВЯКОВ,

д-р техн. наук
(СГТУ, Саратов).

А.А. СКРИПКИН

(СГТУ, Саратов),

д-р техн. наук.

Д.Б. СИВЯКОВ,

канд. техн. наук

(СГТУ, Саратов)

sibokon@rambler.ru

Анализируются возможности дистанционного обнаружения проводов действующих трехфазных воздушных высоковольтных линий электропередачи с различным напряжением сенсорами магнитного и электрического полей с помощью ранее разработанных аналитических математических моделей, позволяющих вычислить уровни напряженности магнитного и электрического полей на значительном удалении от проводов высоковольтных воздушных линий.

Магнитное и электрическое поля, высоковольтные воздушные линии электропередачи, безопасность полетов, летательные аппараты

Analysis of the Possibility of Detecting of the Wires of High-Voltage Air Electric Transmission Lines with the Aim to Ensure the Safety of Aircraft Flights

B.K. SIVYAKOV¹, A.A. SCRIPKIN², AND D.B. SIVYAKOV¹

¹Yuri Gagarin State Technical University, Saratov

²Saratov State University, Saratov

The possibilities of remote detection of wires of operating three-phase air high-voltage power electrical transmission lines with the different voltage by magnetic and electric field sensors are analyzed with the help of previously developed analytical mathematical models that allow calculating the levels of intensity of magnetic and electric fields at a considerable distance from the wires of high-voltage air lines.

Magnetic and electric fields, high-voltage air power lines, flight safety, aircraft

В.А. ШЕВЦОВ
д-р техн. наук
(МАИ, Москва),
А.В. ТИМОШЕНКО,
д-р техн. наук
(МАИ, Москва),
А.Ю. ПЕРЛОВ,
канд. техн. наук
(НИУ МИЭТ, Москва),
К.В. ЛЬВОВ
(МГУ, Москва)
vs@mai.ru

Алгоритм определения критически важных элементов бортовых радиолокационных комплексов по результатам оперативного анализа временных рядов диагностической информации

Предложен алгоритм определения критически важных элементов по результатам оперативного анализа диагностической информации бортовых радиолокаторов. Алгоритм основан на определении весовых коэффициентов каждого блока усиления мощности при прогнозировании излучаемой мощности радиолокатора. Продемонстрирована реализация предложенного алгоритма.

Бортовой радиолокатор, машинное обучение, прогнозирование отказов, блок усиления мощности

Algorithm For Critical Elements Detecting of Airborne Radar Systems Based on Operational Analysis of Diagnostic Information

V.A. SHEVTSOV¹, A.V. TIMOSHENKO¹, AND A.YU. PERLOV², K.V. LVOV³

¹Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow

²NRU MIET, Moscow

³Moscow State University, Moscow

The article proposes an algorithm for determining the critical elements based on the results of operational analysis of diagnostic information of airborne radars. The algorithm is based on determining the weight coefficients of each power amplification unit in predicting the radiated power of the radar. The implementation of the proposed algorithm is demonstrated.

Airborne radar, machine learning, failure prediction, power amplification unit

Выбор аккумулятора электрического мультикоптера и мощность при висении

Рассматриваются критерии выбора массы аккумулятора мультикоптера, обеспечивающие незначительное уменьшение времени полета при существенном уменьшении массы аккумулятора. Приводятся формулы для вычисления мощности, необходимой при висении электрического мультикоптера.

С.З. СВЕРДЛОВ,
канд. техн. наук
(ВолГУ, Вологда)
с3с@mail.ru

Электрический мультикоптер, продолжительность полета, масса аккумулятора, мощность при висении

Electric Multicopter Battery Selection and Power on Hovering

S.Z. SVERDLOV

Vologda State University, Vologda

The criteria for choosing the mass of the multicopter battery are considered, which provide a slight decrease in flight time with a significant decrease in the mass of the battery. Formulas are given for calculating the power required for hovering an electric multicopter.

Electric multicopter, flight duration, battery mass, hovering power

А.М. ФЕДУЛИН,
(АО «КТ – Беспилотные системы», Санкт-Петербург),
Д.В. ЕВСТАФЬЕВ,
Г.Л. КОНДРАШОВА
(АО «Кронштадт», Москва),
Н.В. АРТЕМЕНКО
(АО «КТ – Беспилотные системы», Санкт-Петербург)
af@kronshtadt.ru

Организация рабочего места оператора для управления группой беспилотных летательных аппаратов

Приводится вариант организации рабочего места оператора, позволяющий управлять группой из четырех беспилотных летательных аппаратов «Орион-Э» при выполнении разведывательно-ударных задач на основе применения технологий искусственного интеллекта и дополненной реальности, а также результаты его эргономической оценки.

Крупноразмерный беспилотный летательный аппарат, степень автономности, человеко-машинный интерфейс, информационно-управляющее поле, искусственный интеллект

Human-Autonomy Teaming Interface Design for Multiple-UAV Control

A.M. FEDULIN¹, D.V. EVSTAFYEV², G.L. KONDRASHOVA², AND N.V. ARTEMENKO³

¹Joint Stock Company “KT – Unmanned Systems”, Saint-Petersburg

²Joint Stock Company “Kronshtadt”, Moscow

³Joint Stock Company “KT – Unmanned Systems”, Saint-Petersburg

This article considers a new interface that will give an operator a possibility to control 4 UAVs simultaneously and also describes its ergonomic assessment.

Unmanned combat air vehicle, degree of autonomy, human-machine interface, head-up display, artificial intelligence

А.А. ИНОЗЕМЦЕВ,
д-р техн. наук, академик РАН
(АО «ОДК-Авиадвигатель»,
Пермь; ПНИПУ, Пермь),

Н.Г. ЛАМАНОВА
(ПНИПУ, Пермь),

А.Н. САЖЕНКОВ,
канд. техн. наук,

И.Н. ГРИБКОВ
(АО «ОДК-Авиадвигатель»,
Пермь),

А.С. ПЛЕШИВЫХ,
аспирант

(АО «ОДК-Авиадвигатель»,
Пермь; ПНИПУ, Пермь)
arthur.p.s.1995@mail.ru

Алгоритмический метод повышения отказоустойчивости системы автоматического управления и контроля турбореактивного двухконтурного двигателя

Предлагается алгоритмический метод резервирования в системе автоматического управления и контроля турбореактивного двухконтурного двигателя, основанный на использовании оптимальных наблюдателей – фильтра Калмана и фильтра Язвинского, согласованных с математической моделью системы автоматического управления и контроля турбореактивного двухконтурного двигателя. Представлены результаты моделирования алгоритмического метода резервирования канала измерения системы автоматического управления и контроля турбореактивного двухконтурного двигателя по данным летных испытаний двигателя типа ПС-90А в составе самолета Ту-214 на стационарном и переходном режимах.

Авиационный двигатель, резервирование, математическая модель, отказоустойчивость, оптимальный наблюдатель, фильтр Калмана, фильтр Язвинского

Algorithmic Method for Improving the Fault Tolerance of the Automatic Control and Monitoring System of a Turbojet Bypass Engine

A.A. INOZEMTSEV^{1,2}, N.G. LAMANOVA¹, A.N. SAZHENKOV², I.N. GRIBKOV², AND A.S. PLESHIVYKH^{1,2}

¹Perm National Research Polytechnic University, Perm

²UEC-Aviadvigatel, Perm

An algorithmic redundancy method is proposed in the automatic control and monitoring system of a turbojet bypass engine, based on the use of the Kalman filter and Yazvinsky filter as optimal observers consistent with the mathematical model of the automatic control and monitoring system of a turbojet bypass engine. The paper provides the results of simulation of the algorithmic redundancy method employed for the measuring channel within the automatic control and monitoring system of a turbojet bypass engine based on the data from PS-90A flight tests on Tu-214 aircraft at the steady-state and transient modes.

Aircraft engine, redundancy, mathematical model, fault tolerance, optimal observer, Kalman filter, Yazvinsky filter

О.А. ЛЕДЯНКИНА,
канд. техн. наук
(КНИТУ-КАИ, Казань),
Е.Ю. ПРОСВИРЯКОВ,
д-р физ.-мат. наук
(УрО РАН, Екатеринбург;
КНИТУ-КАИ, Казань),
Е.В. РОМАНОВА
(КНИТУ-КАИ, Казань)
led_o@mail.ru

Точные решения уравнений Навье – Стокса для описания вращающейся жидкости

Точные решения уравнений Навье – Стокса для описания вращающихся несжимаемых сред. Получено новое точное решение уравнений Обербека – Буссинеска для вращающейся жидкости. Конвекция вращающейся жидкости описывается квадратичным нагревом границ бесконечного слоя жидкости. Данное точное решение описывает динамические равновесия в несжимаемой жидкости или несжимаемом газе.

Динамическое равновесие, фигуры равновесия, крупномасштабное течение, вихревое течение, сдвиговое течение, вращающаяся жидкость, точное решение, приближение Буссинеска, противотечение

Exact Solutions of the Navier–Stokes Equations for Describing Rotating Fluids

O.A. LEDYANKINA¹, E.YU. PROSVIRYAKOV^{1,2}, AND E.V. ROMANOVA¹

¹Tupolev Kazan National Research Technical University, Kazan

²Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg

A new exact solution of the Oberbeck–Boussinesq equations for a rotating fluid is obtained. The convection of a rotating fluid is described by the quadratic heating of the boundaries of an infinite liquid layer. This exact solution describes dynamic equilibria in an incompressible fluid or an incompressible gas.

Dynamic equilibria, equilibrium figures, large-scale flow, vortex flow, shear flow, rotating fluid, exact solution, Boussinesq approximation, countercurrent